

BIOLÓGIAI SZIMULÁCIÓ OKTATÁSA AZ ELTE-N

Veszprémi Anna, Sándor Antal, Szlávi Péter, Zsakó László

ELTE TTK Numerikus és Gépi Matematikai Tanszék

A számítógépes szimuláció alkalmazásbeli *szükségessége* mindenki előtt ismert. Mégis szokás megfélekedni róla. Emlékeztetőül gondoljuk át röviden: *milyen tények tesszik a számítógépes szimulációt a kutatás és az oktatás elengedhetetlen eszközévé!*

0./ Arról, hogy a számítógép léte mennyire fontos - úgy hisszük /:axióma/ - senkit sem kell meggyőzni, megelégszünk a szükségesség szimuláció-oldalról való megközelítésével.

1./ Vannak a kísérletezésnek olyan esetei, amelyek a gyakorlatban nem, vagy csak bajosan végezhetők el. Gondoljunk pl.: az orvostudomány humán problémáinak kísérleti megoldásainak etikai akadályaira, vagy komplex idegi hálózatok funkcionális modelljének ellenőrzése körüli kikapcsolhatatlan zavaró tényezőkre, vagy molekuláris biológia nehezen detektálható folyamataira: akár a folyamatok időbeliségének műszereinkhez "tulfinom" skálázása, akár a hatások lezajlásának "méretezése" miatti akadályokra, vagy a másik végre: a populációk fejlődésének kivárhatatlan időléptékeire. S ezek között nem szóltunk a leggyakoribb "ellenlábás" tényezőről, a pénz hiányáról...

2./ Ha megelégszünk /1. miatti okok kényszerében: meg kell elégednünk/ a hipotézisünk igazolására, esetleges következtetések levonására, és a valósággal való egybevetésére valamilyen matematikai modellel felállítással, akkor sok esetben kiábrándítóan bonyolult matematikai probléma állja utunkat, amely megoldása új és új már önállósozott matematikai diszciplínák ismeretét igényli, vagy egzakt megoldása elvileg sem lehetséges és be kell érünk valamilyen /jó esetben használhatóan megbecsült/ hibájú közelítő megoldásával. /Ezen megoldási ut végállomása is általában a számítógép./

3./ A számítógépes szimuláció kutatásbeli szükségessége maga után vonja az oktatásban való felhasználásának szükségességét is, hiszen a szimuláció rutinszerű alkalmazását elvárni csak azoktól lehet, akik a megfelelő ismeretek, és gyakorlat birtokában vannak.

S ezzel el is érkeztünk ahhoz az állításhoz, melyre az ELTE biológia "vetületü" szakjainak számítástechnika oktatását alapoztuk. Előadásunknak célja, hogy a számítógépes szimuláció elégséges eszköz voltát bizonyítsuk.

Néhány szó az oktatás *technikai bázisáról*: az ABC-laboratóriumról. Tizennégy /amikor elkezdtük őt/ ABC80 személyi számítógép állt rendelkezésünkre, szokásos alap kiépítéssel: klaviatura /benne Z80 processzor és más "lényegi" számítógépes elektronikai alkatrész/, közönséges televízió, és kazettás magnó. Ezen "home computer"-es sajátosságok egészülnek ki az alábbi oktatási és kutatási célokat nagyban támogató tulajdonságokkal:

- ABC-busz, amely megteremti hardware lehetőségét további perifériák csatlakoztatásának: sornyomtató, rajzgép, mérő és beavatkozó egységek.
- 16 Kbyte RAM, maximálisan 32 Kbyte-ig memóriabővítési lehetőséggel.

A hardware lehetőségeket jól kihasználni tudó software-t készítettek a gép konstruktőrei. Ez egy szabványosított, egyszerűen el-sajátítható algoritmikus nyelvnek, a BASIC-nek jól megformált implementációja, céljainkhoz rugalmasan hajló egyéni jelleggel felruházva:

- Félgrafikus képernyő-kezelés az eredmények nem csak számszerű, hanem vizuális megjelenítését támogatja.
- Programozott /gépi/ I/O-tal a csatlakozó speciális berendezések saját célú felhasználására nyújt módot.
- Hanggenerátori figyelemfelkeltésre, felhasználóval való teljesebb kommunikációra ad lehetőséget.

Nézzük át a Laboratóriumban folyó oktatás sajátosságait: területeit, a szimuláció oktatási alkalmazásának okait; az egyes területek közötti "hangsúlyeltolódásokat", tematikai vázukat!

Az ABC80 gépekre építettük fel a *biológia-földrajz, biológia-kémia tanár* és a *biológus "kutató"* szakosak számítástechnika oktatását. Emellett, helyesebben ezek folytatásaként "tanterventuli" speciál kollégiumot is szerveztünk a "tantervbeli" számítógépes szimuláció kiegészítésére.

Bárkiben fölmerülhet a kérdés, hogy ezen tantárgy ürügyén hogy lehet és egyáltalán miért jó számítógépes szimulációt tanítani. A "miért jó" kérdésre a korábbiakban elmondottakra utalással és azzal a ténnyel válaszolhatunk legegyszerűbben, hogy a tantervben eddig nem kapott helyet sehol másutt. Másként megközelítve: vagyuk sorra milyen alternatívák kínálkoznának még, s miért nem fogadhatjuk el őket!

1./ Nem tisztán számítástechnikai megközelítés: mert a problémák fölvetése öncélúnak, s így visszariasztónak tűnik egy alapjában véve nem számítástechnikai érdeklődésű leendő számítógép-felhasználónak /kérdéses, hogy egyáltalán azzá válna-e/.

2./ Nem statisztikai értékelő jellegű: mert ugyan a biológia több ága /pl. biometria/ igényli matematikai statisztikai módszerek használatát, ezekre azonban a legtöbb számítógépen rendelkezésre állnak /kész!/ programcsomagok. Ez a terület egyébként az, ahol egy számítástechnikai szakember hatékonyabban tud dolgozni, itt van a legtöbb lehetőség egy biológus és egy matematikus legkevesebb ráfordítással és félreértési lehetőséggel való együttműködésére. /A fenti matematikai módszerek használatát természetesen oktatni kell, de ez nem elsősorban a számítástechnika feladata./

3./ Nem matematikai modellezésen alapuló: mert az analitikus, numerikus jellegű modellek felállítása elvonná a figyelmet a számítástechnikától, a modell-oktatás kihagyása pedig megfosztaná az oktatást a legtöbb szakmai hajtóerejétől, nagyon könnyen "elefántcsonttorony" jelenséghez vezetne.

4./ Nem programozott oktatásra alapozott /csak a tanárjelöltek esetében/: egy kérdéses tanítási módszert "csontosítana" /feltéve, hogy sikerülne neki/, amely ellen több pedagógiai és gazdasági érv is szól.

Ezekkel szemben egy *szimuláció-centrikus* oktatás mellett az alábbi érveket sorakoztathatjuk:

1./ *Pedagógiai szükségesség*: oktatásunkban nagyon sok jó tapasztalat gyűlt össze a kísérletezés hasznosságáról, már ismert akadályok miatt a kísérlezés sokszor lehetetlen. Így egyetlen kiváltása a számítógépes szimuláció.

2./ *Motiváció*: saját problémákon keresztül könnyebb új, idegen gondolkodásmódot elsajátítani. Kezdetben gondot okozott, hogy a hallgatók a kapcsolódó szaktárgyakat később tanulják, de "közvéleménykutatásokból" kiderült, hogy a használt fogalmak 90 százalékát ismerik, a szaktárgyakban való önálló tanulásra hajlandók, s ennek várhatóan pozitív visszahatása lesz az illető szaktárgyakra is.

3./ *Komplexitás*: elvezet egy általánosabb probléma-megoldó módszerhez azáltal, hogy sokrétűbben kell megközelíteni egy feladatot /biológiai "hozzáolvasás", modell készítés, programozás, kísérlettervezés, kísérletezés a számítógépes modellel, kiértékelés, stb./

4./ *Kreativitás*: A szimuláció aktív hozzáállást igényel a problémák megoldásában, és ez egészen másfajta gondolkodásmód, mint amit még elég sok szaktárgyban követnek /a tanulás mennyiségi oldalára helyezve a hangsúlyt/, amely miatt elég sok támadás éri a felsőoktatást.

5./ *Sikerélmény*: egyszerű modellek nagyon korai önálló megvalósításával újabb hajtóerőt állíthatunk a tanulás folyamatába, ebben fontos szerepe van az eszközbázisnak is.

6./ *Egyszerűség*: a számítógépes szimuláció egyszerű modellek megalkotását és használatát teszi lehetővé, melyek akár középiskolás szinten is megérthetők; ugyanakkor sokkal közelebb állnak a modellezett jelenséghez, mint a matematikai modellek.

7./ *Kommunikáció*: feladatmegoldó tevékenységük egy olyan szakaszban nyújt komoly segítséget a biológusoknak, ahol kevésbé számíthatnak matematikusok segítségére, sőt megteremtheti az együttműködés közös platformját.

A kétféle szak tananyagában kisebb hangsúlyeltolódások találhatók, ennek oka az alkalmazás céljának bizonyos eltérése. A tanároknál a cél a jelenségek "láttatása", a demonstráció; míg a kutatóknál "látás", az elemzés; bár a fentiek nem zárják ki egymást. A fakultatív képzés ezen tulmenően lehetőséget teremt a szimuláció mélyebb elsajátítására, az alkalmazási területek jelentős kiszélesítésére. Ezt segíti az oktatási forma is, amely a tantervi órákkal szemben /előadás+gyakorlat/ főleg kiscsoportos foglalkozásra épít!

A fenti szempontokat figyelembe véve meglepő azonosságot kaptunk a tanárszak és a kutatók tananyagában. Mindkét esetben egy 4-5 hetes programozási bevezetővel kezdődik a számítástechnika oktatása, amely az 5. hét után átadja helyét a szimulációnak, s programozási újdonságokról csak annyiban van szó, amennyiben azt a konkrét modellek igénylik. Az alkalmazási terület közös része a populációgenetika, ökológia, biogeográfia, biofizika témakörből származik. Ehhez csatlakozik a tanároknál a másik terület anyaga.

A speciál kollégium anyaga az elmondottakon kívül a további témákkal egészül ki:

1. A szimuláció *matematikai alapjai* /valószínűségszámítás szimulációt támogató fogalmai, tételei, illetve a sztochasztikus folyamatok eredményei/.

2. *Megfigyelés elvei*, amelyek fontosak ahhoz, hogy a leendő szimulációs modell paramétereit meg tudjuk becsülni.

3. A modell és a program elkészítését követő, s leginkább intellektuális fázis a kísérletezés. Így érthető, hogy *kísérlettervezés* címen erről is szólnunk.

4. A szimulációs elvű kísérletezés nem lenne befejezett, ha elhallgatnánk az *eredmények értékelésének, kiértékelésének* módjait; ez természetesen az általuk is már ismert módszerek alkalmazását jelenti.

5. A szimulációs modellezést azzal tesszük teljessé, hogy a megvizsgált jelenségekhez megadjuk az őket leíró matematikai modellt, majd összevetjük a szimulációs "párjával", s a kettőt együtt elemezzük.

A félév során a csoportok választanak maguknak egy-egy jelenségcsoportot, melyet a fenti elvek figyelembevételével önállóan dolgoznak fel. Míg a kötelező tananyag keretében megalkotott modelljeink igen erős megszorításokkal/érvényesek csak, addig itt egyre több feltevélt elengedve közelítünk a valós rendszerekhez.

Gondolataink lezárásaként megállapíthatjuk, hogy a fenti szakokon a számítástechnikai oktatás megújítása eddigi tapasztalatainak /másfél év/ alapján sikerrel járt.

Végül az új oktatási módszerrel elért eredmények illusztrálására szerepeljenek itt egy, a félév kétharmadánál írt zárthelyi dolgozat feladatai:

1. MODELL KÉSZÍTÉS

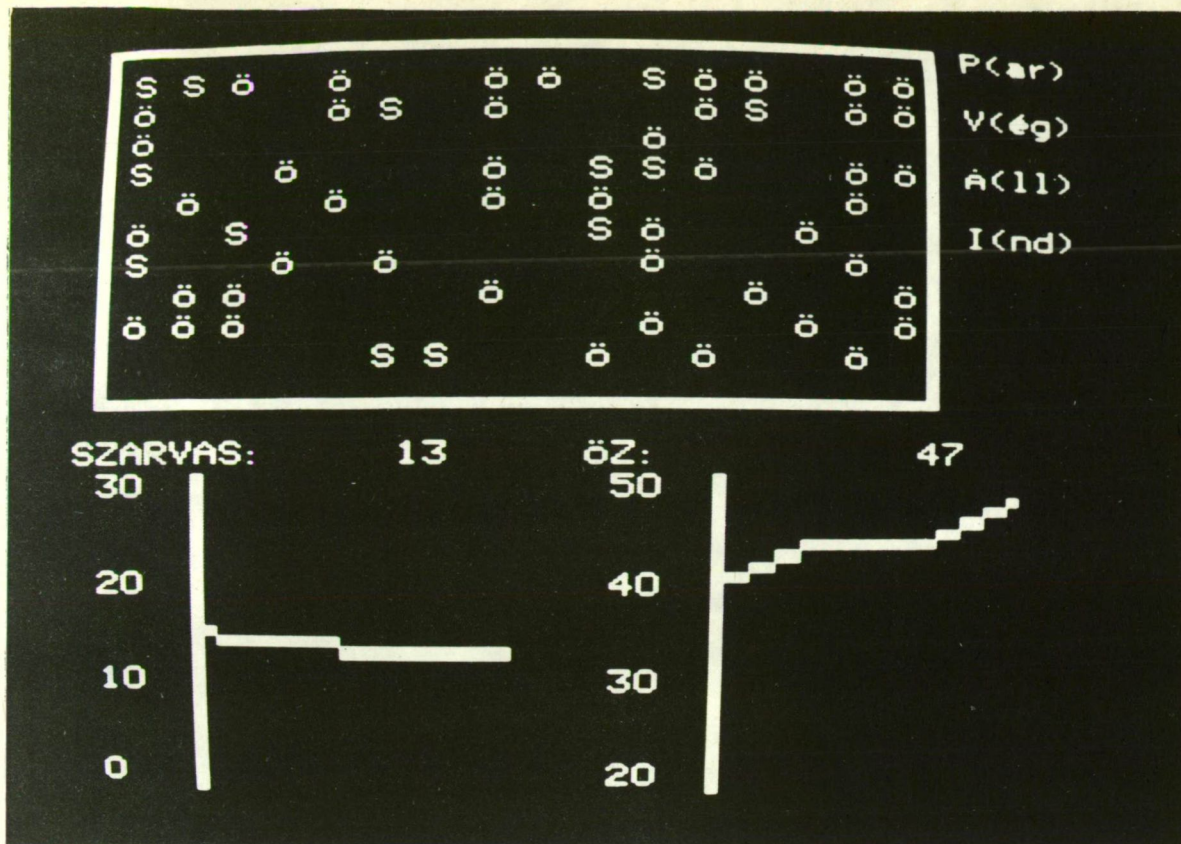
Adott egy diploid genotípus, melynél két lokuszt vizsgálunk /pl. borsó/. Mindkét lokuszban két-két allél fordulhat elő /sárga-zöld, ill. szögletes-gömbölyű/. A két tulajdonság egymástól függetlenül öröklődik. Az egylokuszos génkeveredés ismert modellje alapján készítsük el a kétlokuszos génkeveredési modellt!

2. MODELL ÁTÍRÁS BASIC NYELVRE

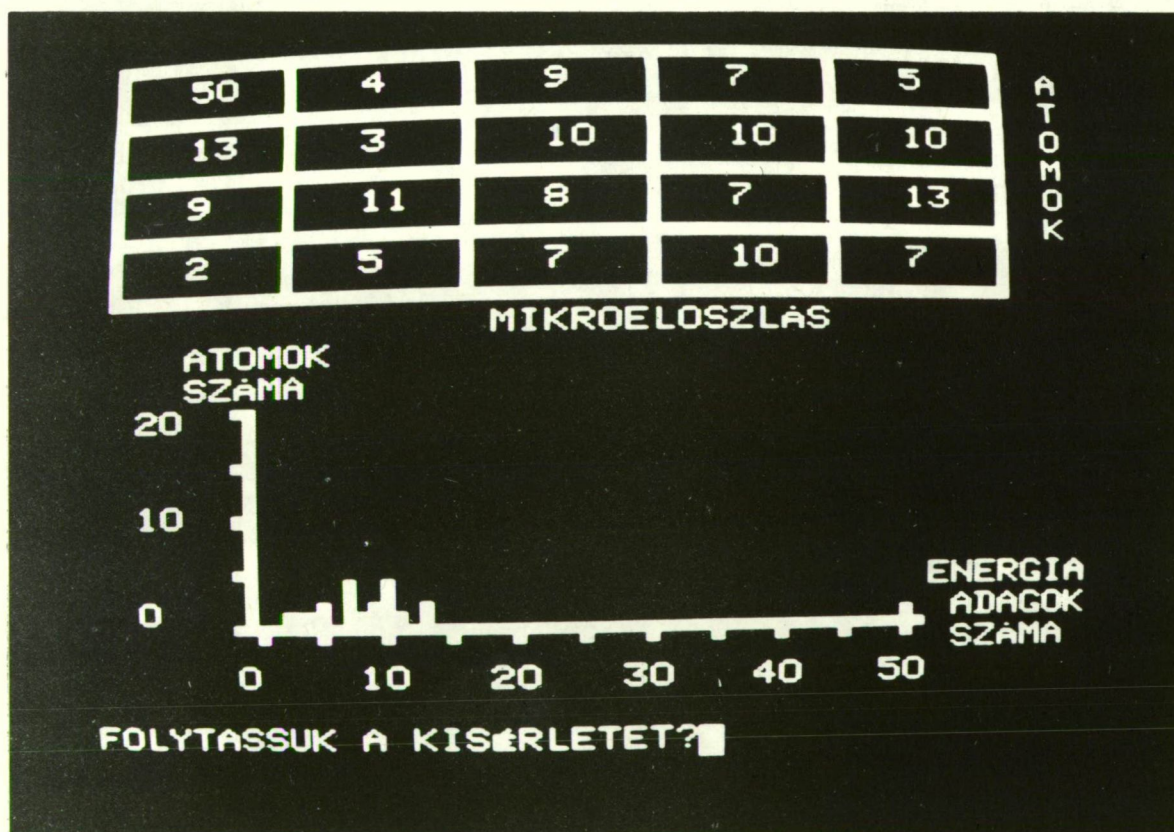
A populációgenetikai modellek között megismert összetett modellt /mutáció+szelekció/ kódoljuk BASIC nyelven!

3. MODELL HASZNÁLAT

Vizsgáljuk meg, hogy abban a modellben, amelyben a párválasztást nem tekintettük teljesen véletlennek, hogyan függ a populációban az egyes genotípusok gyakorisága a genotípusok "szimpátiájától"! Végezzünk a programmal nagyon sok kísérletet!



1. ábra. Egy biológiai versengési modell



2. ábra. Egy tanárszakosoknak írt /nem biológiai/ szimulációs program "képernyő-látványa" /az Einstein-kristály -
- bevezetés a statisztikus fizikába/